



państwowa służba
geologiczna

państwowa służba
hydrogeologiczna

Państwowy Instytut Geologiczny Państwowy Instytut Badawczy

ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa, tel. 22 45 92 000, fax 22 45 92 001, biuro@pgi.gov.pl
Sąd Rejonowy dla m. st. Warszawy w Warszawie, XIII Wydział Gospodarczy KRS, Nr 0000122099; NIP 525-000-80-40

www.pgi.gov.pl

Raport z monitoringu wglębnego pomiaru inklinometrycznego na osuwisku w m. Zręczyce

dla tematu:

*„Monitoring zagrożeń powierzchniowymi ruchami masowymi
wraz z utrzymaniem istniejącej sieci obserwacyjnej,”*



MINISTERSTWO
ŚRODOWISKA



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu Ochrony
Środowiska i Gospodarki Wodnej

Kraków, 2016 r.

Celem pomiarów inklinometrycznych jest stwierdzenie, w jakim stopniu badany teren podlega deformacjom a w szczególności określenie wielkości i prędkości przemieszczeń (dynamiki) oraz wyznaczenia głębokości ich występowania.

METODYKA WYKONANYCH POMIARÓW

Pomiary wykonywane były sondą inklinometryczną RST Digital Inklinometr w przygotowanym otworze pomiarowym uzbrojonych rurami inklinometrycznymi $\varnothing$ 70 mm. Zestaw ten umożliwia pomiar nachylenia kolumny w dowolnym punkcie na całej długości otworu z dokładnością 10^{-7} m.

W załącznikach graficznych przedstawiono obliczenia dla poszczególnych punktów pomiarowych w oparciu o program *Inclinalysis* v. 2.47 kanadyjskiej firmy RST Instruments Ltd.

Przemieszczenia utworów koluwalnych mogą następować w różnych kierunkach. Aby wyniki kolejnych serii pomiarowych były porównywalne, orientacja sondy jest stała, gdyż przesuwana się ona w rowkach wyciętych w kolumnie. Podczas montażu kolumna została zorientowana w taki sposób, że jedna para rowków ($A_0 - A_{180}$) została skierowana zgodnie z kierunkiem (upadem), druga ($B_0 - B_{180}$) zgodnie z rozciągłością (biegiem) zbocza.

Pomiar odniesienia, określany także, jako „zerowy” wykonano po 2-3 tygodniach od przygotowania otworu. Służyło to ustaleniu początkowego kształtu i orientacji poszczególnych otworów pomiarowych. Do tej pozycji początkowej odnoszone były wyniki wszystkich następnych sesji pomiarowych.

Zasada pomiaru polega na dokonaniu i zarejestrowaniu odczytów nachylenia sondy w stosunku do pionu. Sondę opuszcza się do dna otworu i wykonuje się pierwszy odczyt jej nachylenia. Następnie podnosi się ją o jednostkowy odcinek pomiarowy (w przypadku tych badań przyjęto 0,5 m) i wykonuje następny odczyt. Procedurę tę powtarza się aż do chwili, gdy sonda znajdzie się na poziomie powierzchni terenu. Sposób obliczania przyrostów przemieszczeń (*incremental displacement*) na jednostkowych odcinkach pomiarowych oraz przemieszczenia kumulacyjnego (*cumulativ displacement*) całego otworu przedstawiono poniżej.

Przemieszczenia poziome z -tego odcinka o długości 0,5 m - Δu_{zy} , oblicza się ze wzoru:

$$\Delta u_{zy} = 500 \text{ mm} \times (\sin \Theta_{zy} - \sin \Theta_{zo})$$

gdzie:

Θ_{zy} – kąt nachylenia sondy zmierzony na z -tym odcinku w y pomiarze,

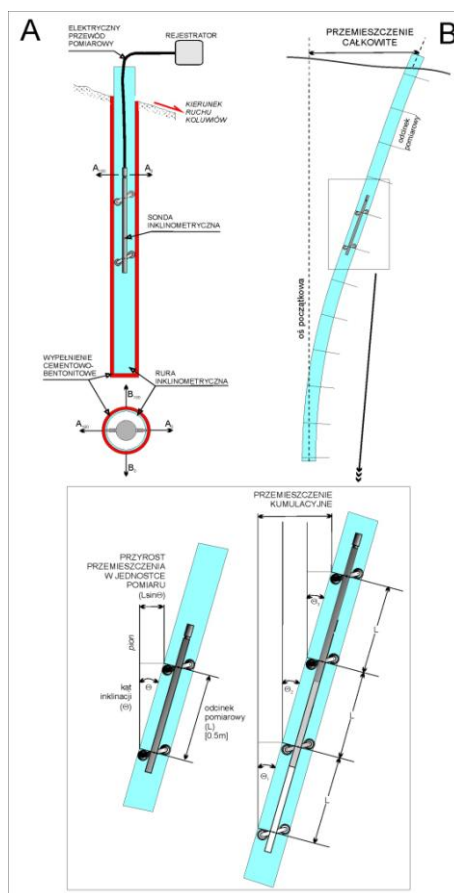
Θ_{zo} – kąt nachylenia sondy zmierzony na z -tym odcinku w pomiarze zerowym.

Sumowanie Δu_{zy} od dołu, tj. od dna otworu do jego szczytu pozwala na obliczenie przemieszczenia kumulacyjnego $\Sigma \Delta u_{zy}$.

Dla przykładu, obliczenie $\Sigma \Delta u_{zy}$ odcinka o numerze k -tym (liczone od dołu otworu) polega na sumowaniu przemieszczeń Δu_{zy} odcinków od pierwszego (najgłębszego) do k -tego. Przemieszczenie kumulacyjne całego otworu oblicza się sumując Δu_{zy} - kolejno dla wszystkich odcinków, czyli:

$$\Sigma \Delta u_{zy} = \Sigma [500 \text{ mm} \times (\sin \Theta_{zy} - \sin \Theta_{zo})]$$

Proces uzyskiwania końcowych wyników pomiarowych zarówno w formie danych cyfrowych jak i graficznej, wspomagany jest najczęściej przez oprogramowanie dostarczane wraz sondą pomiarową.



Schemat montażu kolumny inklinometrycznej i prowadzenia pomiarów

Dane pomiarowe

Monitoring inklinometryczny na założonych kolumnach pomiarowych, prowadzony jest od **27 marca 2012 r.**, kiedy wykonano pierwszy pomiar bazowy.

Sesje pomiarowe wykonywane były w dniach:

- 2 pom. – 6 wrzesień 2012 r.
- 3 pom. – 27 czerwiec 2013 r.
- 4 pom. – 13 listopad 2013 r.
- 5 pom. – 13 czerwiec 2014 r.
- 6 pom. – 8 grudnia 2014 r.
- 7 pom. – 22 kwiecień 2015 r.
- 8 pom. – 9 październik 2015 r.
- 9 pom. – 25 luty 2016 r.

Wykresy przedstawiają przyrosty przemieszczenia w jednym interwale pomiarowym (*incremental displacement*) oraz sumę przyrostów przemieszczeń – przemieszczenie kumulatoryjne (*cumulative displacement*) w wyżej wspomnianym czasowym przedziale pomiarowym. Wszystkie pomiary wykonywano wzdłuż osi AA (kierunek zgodny z ruchem utworów kolumnalnych).

WYNIKI POMIAROWE

Otwór ZI-1 zlokalizowany jest w górnej części osuwiska w strefie zabudowy mieszkalnej i gospodarczej w pobliżu uszkodzonych budynków. Analiza wyników pomiarów inklinometrycznych potwierdziła występowanie aktywnych powierzchni poślizgu na głębokościach: **-4.5, -15.0 i -22.5 m p.p.t.** Od początku badań wartości wykazują niewielki wzrost przemieszczenia, którego wartość zawierały się w przedziale 0.8-1.4 mm/rok. Co generalnie jest wartością powyżej błędu pomiarowego określonego na $\pm 0,66$ mm

Maksymalna wartość przemieszczenia skumulowanego nie przekraczała 11 mm i występuje od głębokości około -3.0 m.

Wyniki pomiarów w strefie przypowierzchniowej są tu trudne do interpretacji, gdyż do głębokości 1.5 m występują grunty nasypowe

Otwór ZI-2 zlokalizowany jest w dolnej części osuwiska w pobliżu drogi wojewódzkiej. Analiza wyników pomiarów inklinometrycznych potwierdziła występowanie aktywnych powierzchni poślizgu na głębokościach: **-5.0, -10.0, -13.0 i -19.5 m p.p.t.** Od początku badań wartości wykazują wzrost przemieszczenia, którego wartość zawierały się w przedziale 2-8 mm/rok. Błąd pomiarowy określono na $\pm 0,85$ mm.

Maksymalna wartość przemieszczenia skumulowanego przekroczyła 52 mm i występuje od głębokości około -3.0 m.

Uwzględniając znaczną dynamikę warstwy przypowierzchniowej i zagrożenie dla budynków mieszkalnych i drogi wojewódzkiej proponujemy dalszy monitoring tego osuwiska.

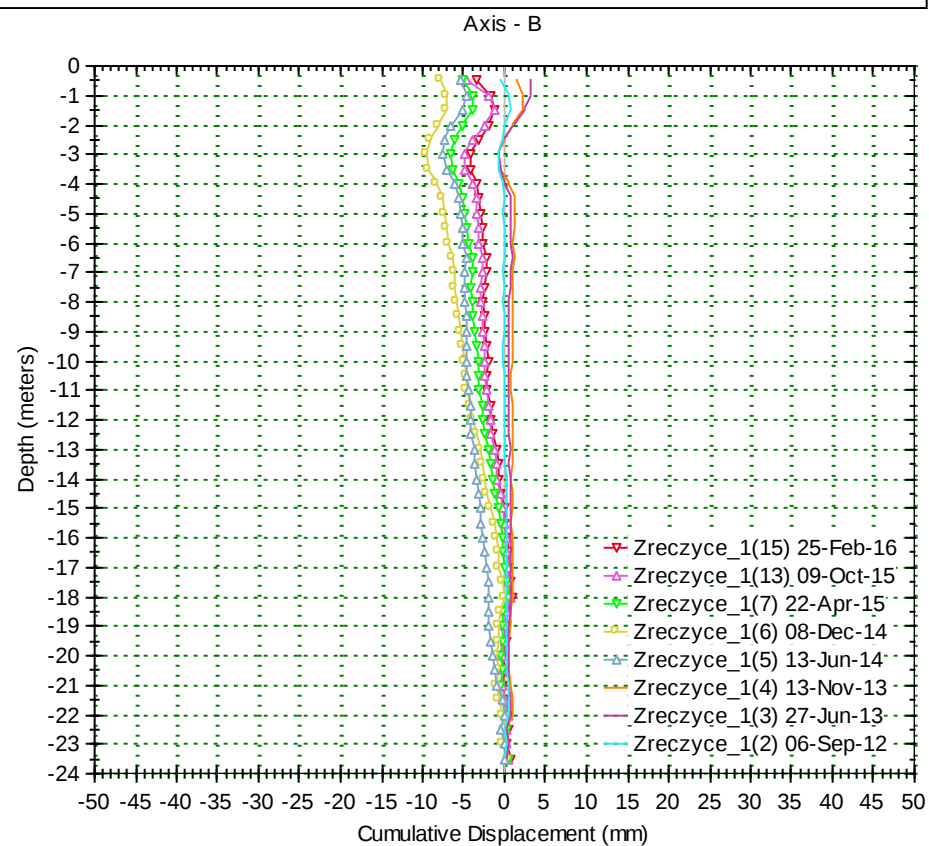
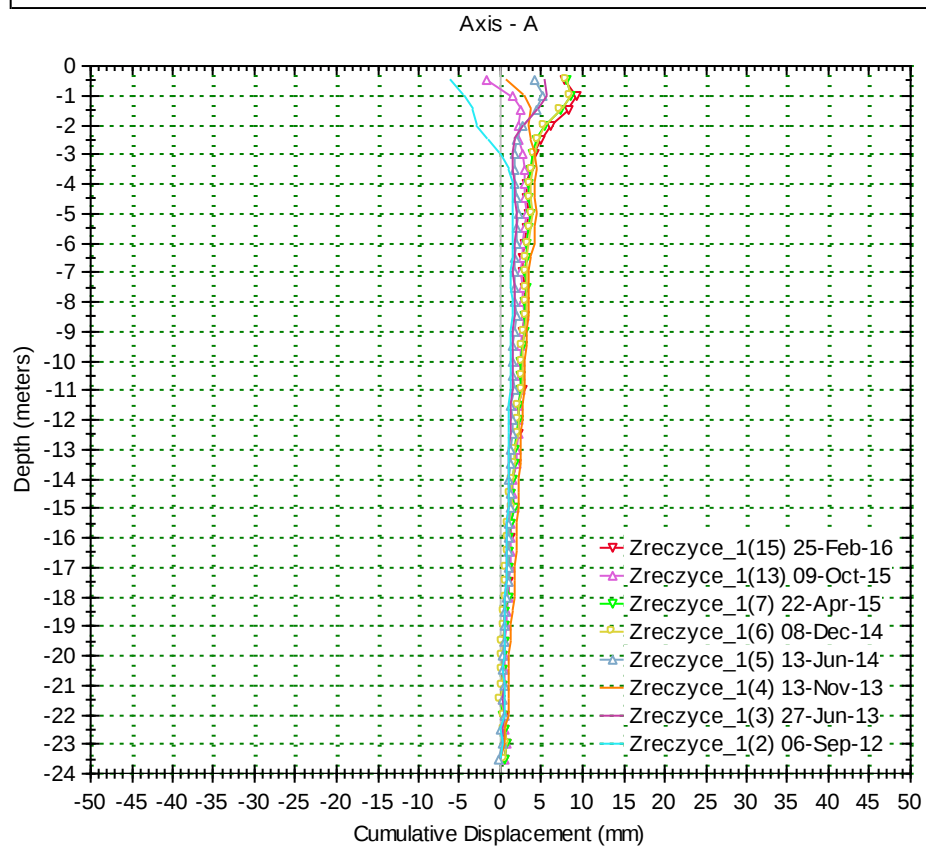
RST Instruments Ltd.

CUMULATIVE DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : Zreczyce_1
Project : INKLINOMETRY
Location : Zreczyce
Northing :
Easting :
Collar :

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 23.5 meters
A+ Groove Azimuth : 334
Base Reading : 2012 Mar 27 14:58
Applied Azimuth : 0.0 degrees



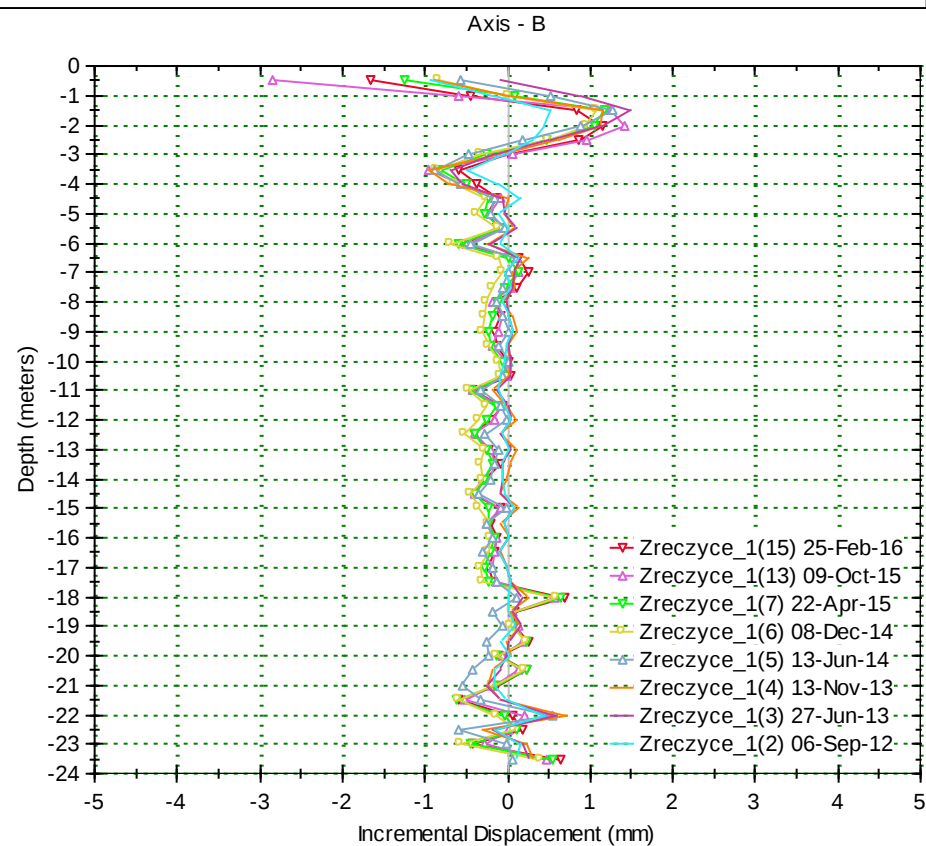
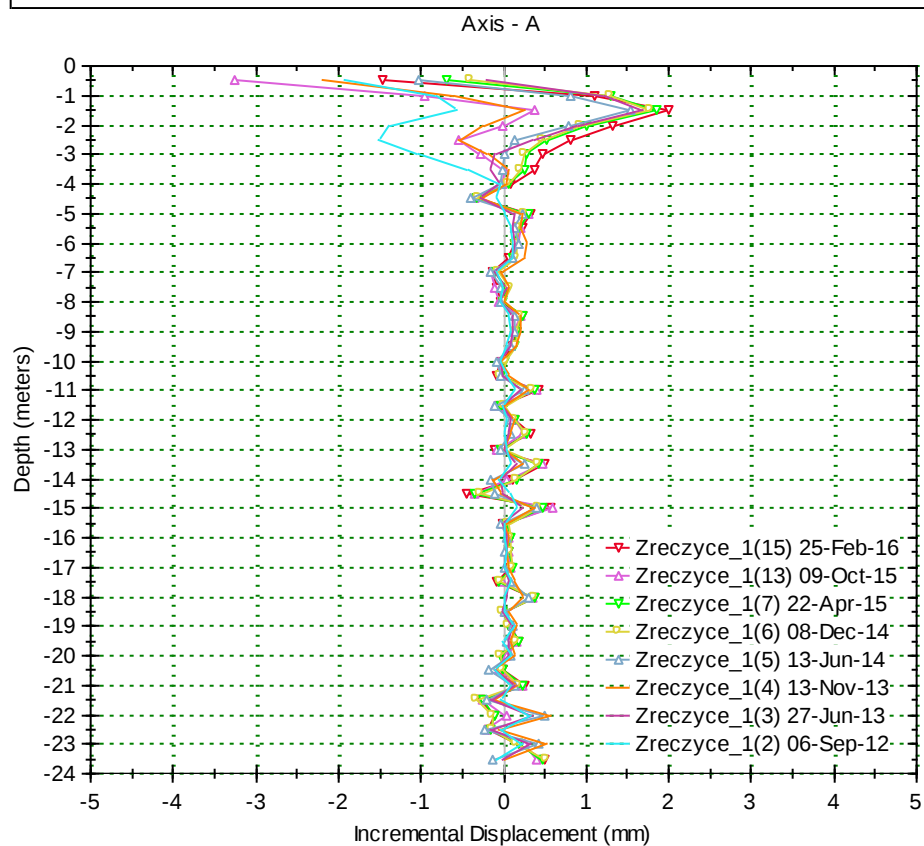
RST Instruments Ltd.

INCREMENTAL DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : Zreczyce_1
Project : INKLINOMETRY
Location : Zreczyce
Northing :
Easting :
Collar :

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 23.5 meters
A+ Groove Azimuth : 334
Base Reading : 2012 Mar 27 14:58
Applied Azimuth : 0.0 degrees



RST Instruments Ltd.

POLAR PLOT - INCREMENTAL DISPLACEMENT

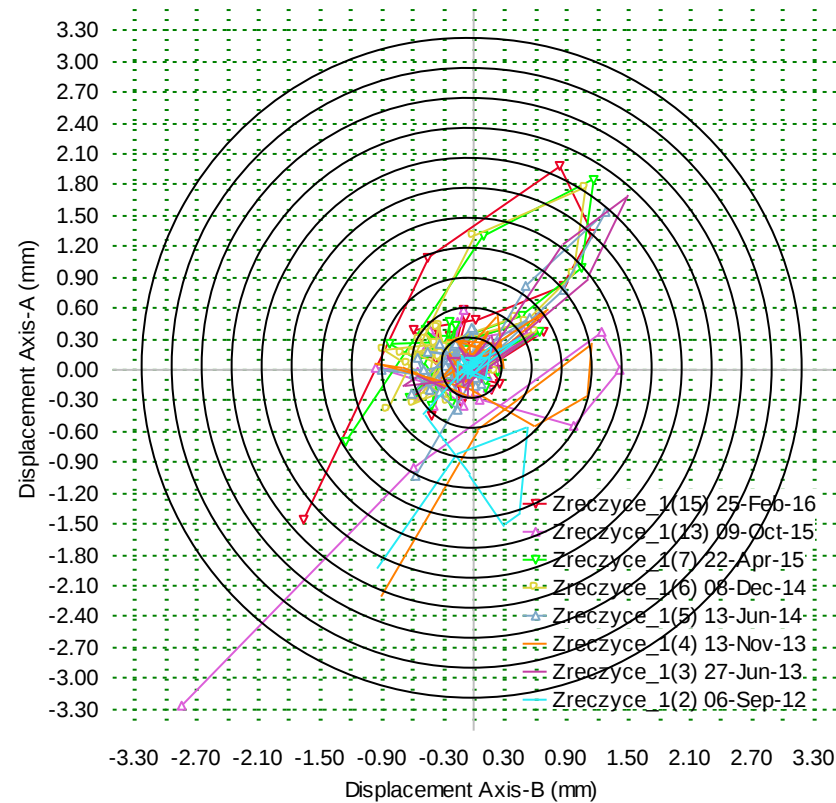
Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : Zreczyce_1
Project : INKLINOMETRY
Location : Zreczyce
Northing :
Easting :
Collar :
Collar Elev : 0.0 meters

Spiral Correction : N/A

Borehole Total Depth : 23.5 meters
A+ Groove Azimuth : 334
Latest Reading : 2016 Feb 25 15:28
Initial Reading : 2012 Sep 06 16:15
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Polar Plot : 23.5 meters



RST Instruments Ltd.

TIME PLOT

Displacement vs. Time

Inclinanalysis v. 2.47.5

Borehole : Zreczyce_1
Project : INKLINOMETRY
Location : Zreczyce
Northing :
Easting :
Collar :
Collar Elev : 0.0 meters

Spiral Correction : N/A
Movement Depth : 3.0 - 23.5 meters
Borehole Total Depth : 23.5 meters
A+ Groove Azimuth : 334
Latest Reading : 2016 Feb 25 15:28
Initial Reading : 2012 Mar 27 14:58
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Time Plot : 3.0 - 23.5 meters



RST Instruments Ltd.

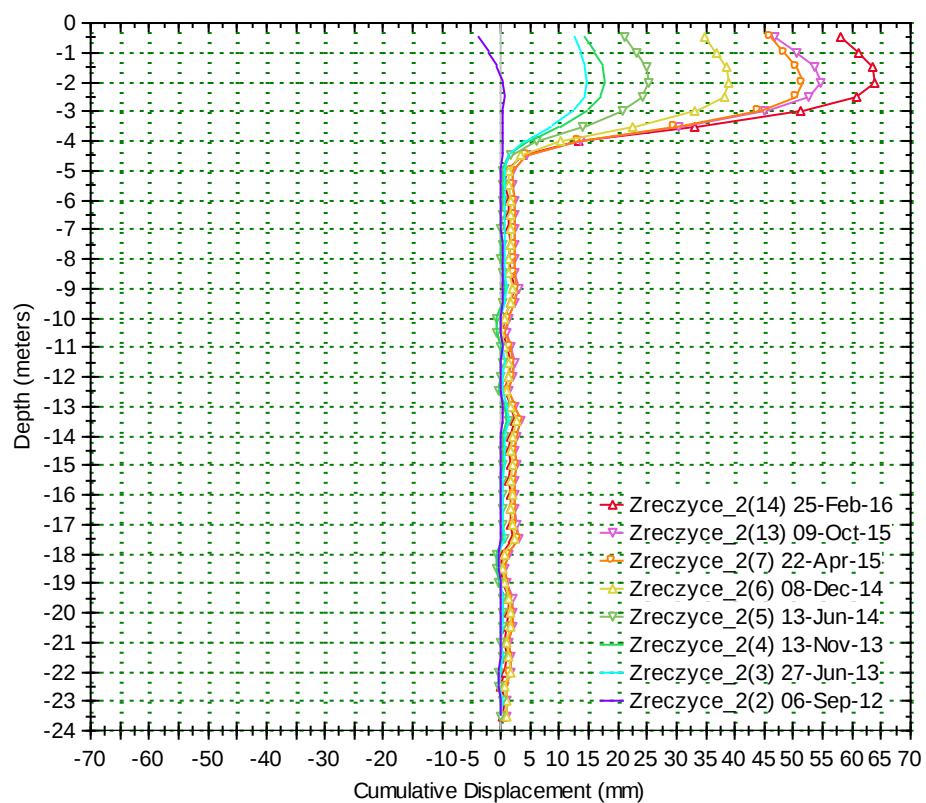
CUMULATIVE DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

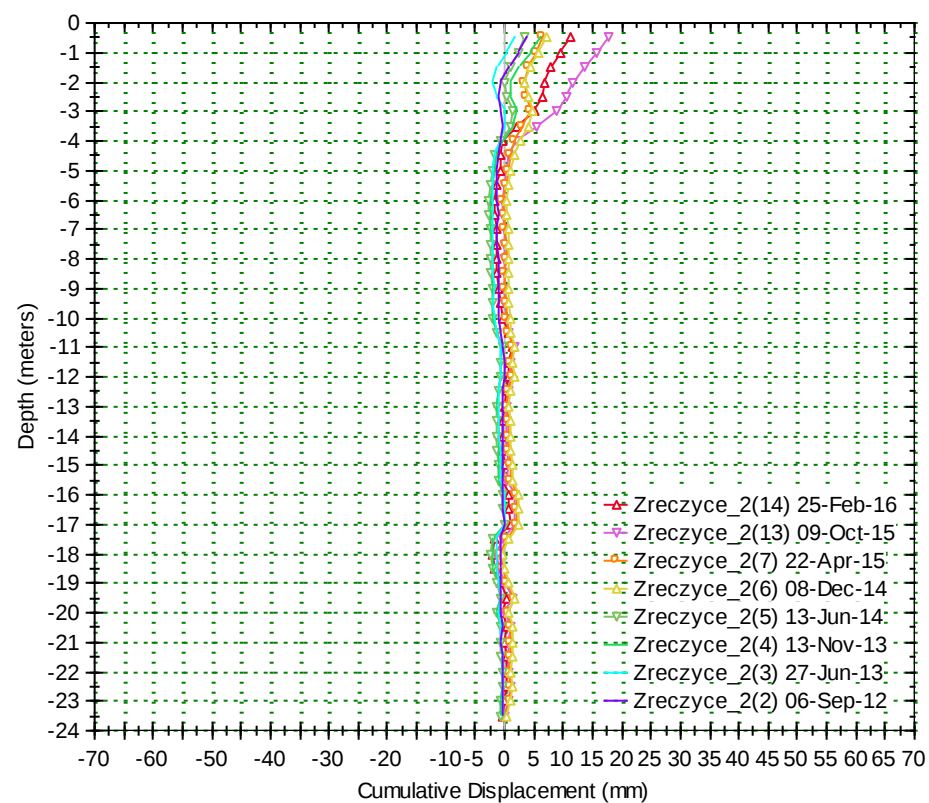
Borehole : Zreczyce_2
Project : INKLINOMETRY
Location : Zreczyce
Northing :
Easting :
Collar :

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 23.5 meters
A+ Groove Azimuth : 20
Base Reading : 2012 Mar 27 15:51
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Axis - A



Axis - B



RST Instruments Ltd.

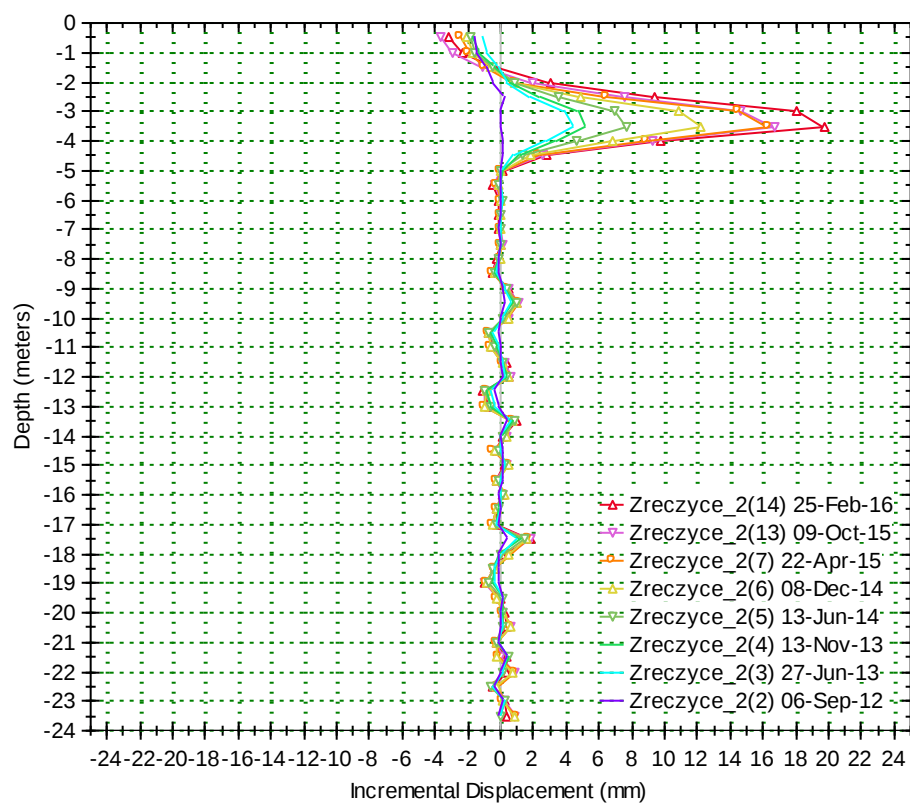
INCREMENTAL DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

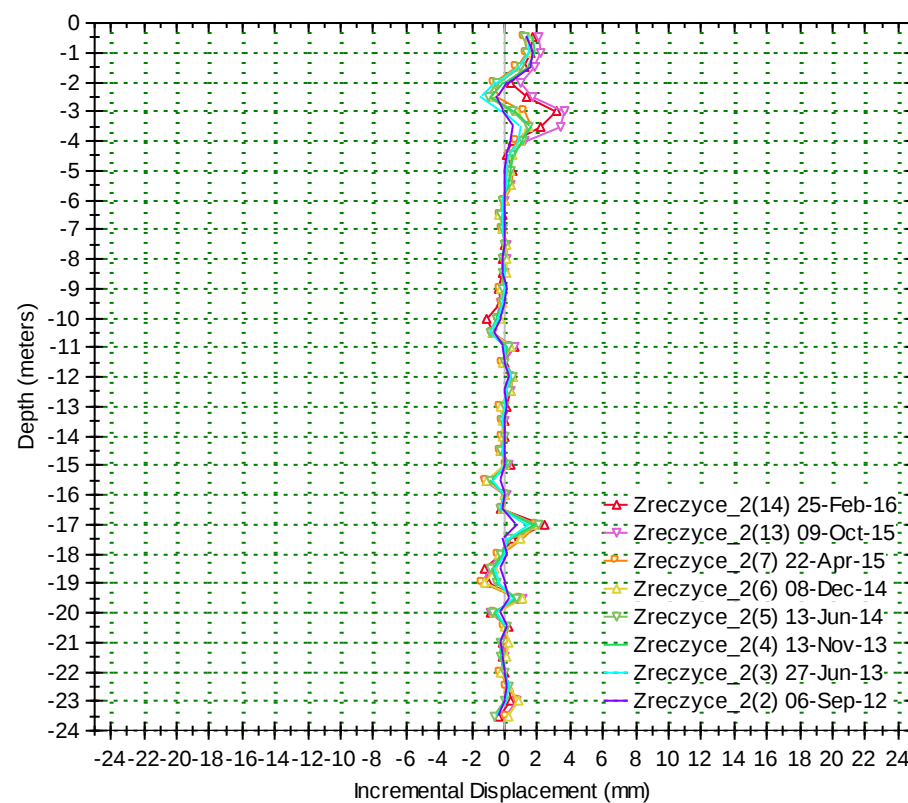
Borehole : Zreczyce_2
Project : INKLINOMETRY
Location : Zreczyce
Northing :
Easting :
Collar :

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 23.5 meters
A+ Groove Azimuth : 20
Base Reading : 2012 Mar 27 15:51
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Axis - A



Axis - B



RST Instruments Ltd.

POLAR PLOT - INCREMENTAL DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

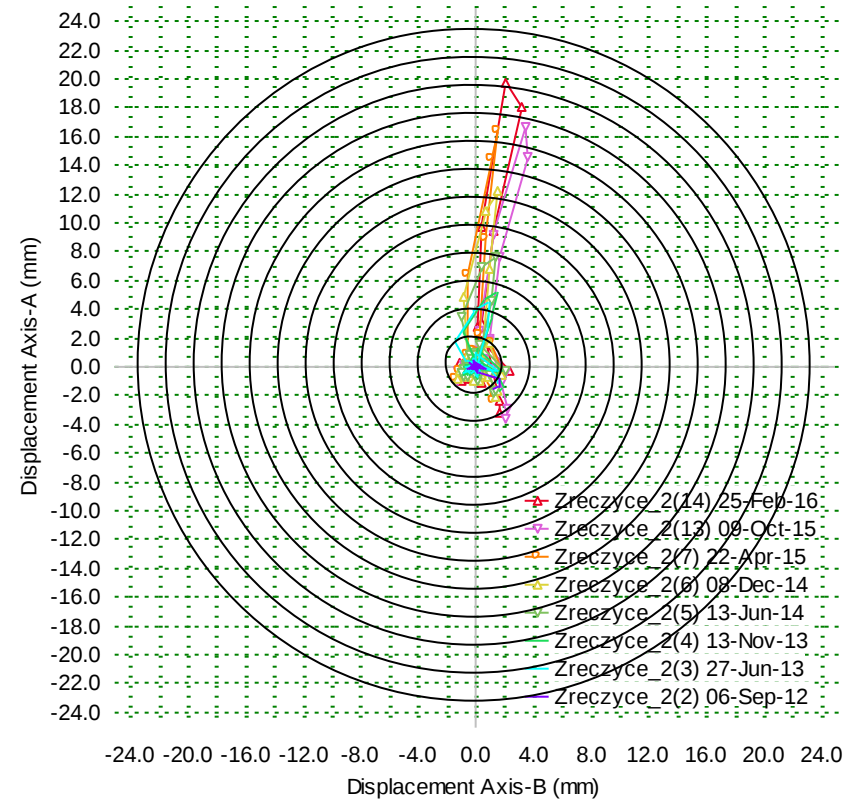
Borehole : Zreczyce_2
Project : INKLINOMETRY
Location : Zreczyce
Northing :
Easting :
Collar :
Collar Elev : 0.0 meters

Spiral Correction : N/A

Borehole Total Depth : 23.5 meters
A+ Groove Azimuth : 20
Latest Reading : 2016 Feb 25 14:31
Initial Reading : 2012 Sep 06 15:28
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Displacement vs. Angle

Polar Plot : 23.5 meters



RST Instruments Ltd.

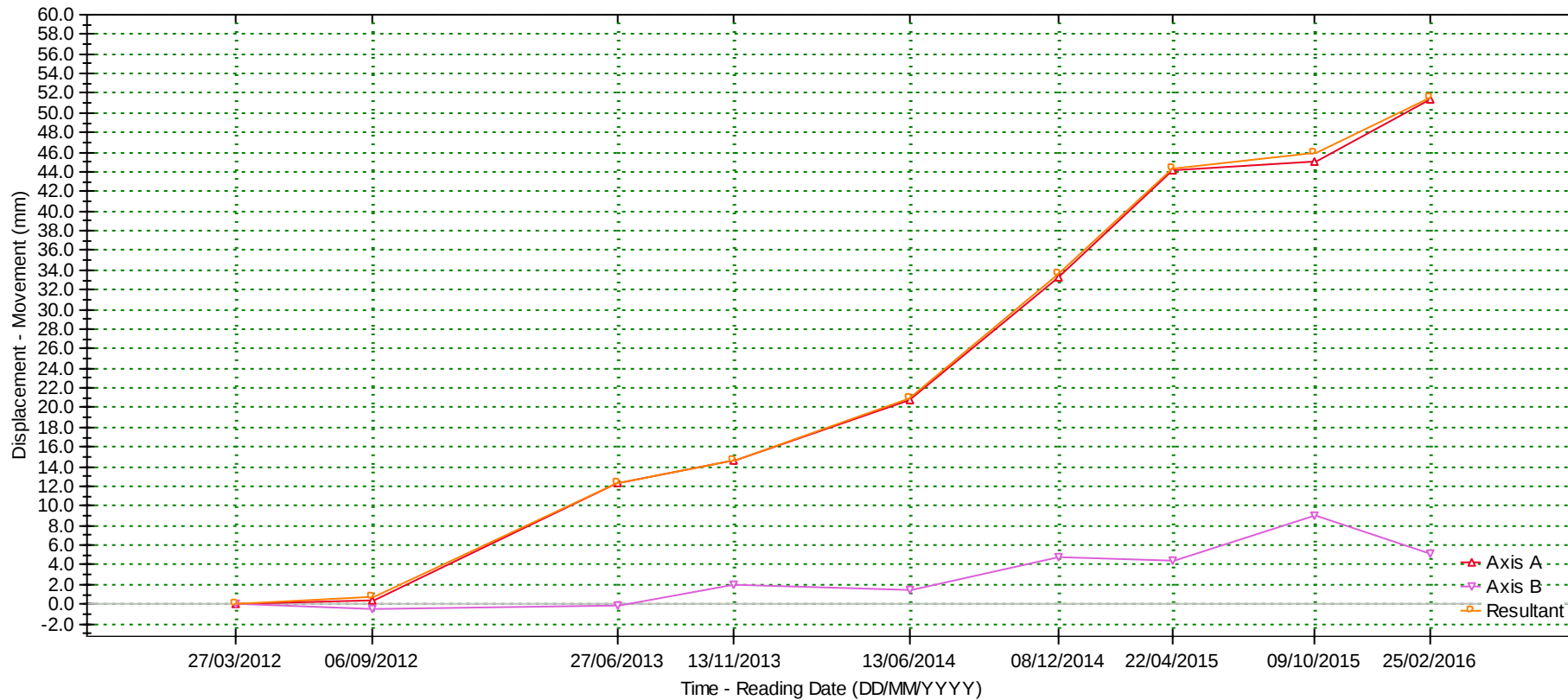
TIME PLOT
Displacement vs. Time

Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : Zreczyce_2
Project : INKLINOMETRY
Location : Zreczyce
Northing :
Easting :
Collar :
Collar Elev : 0.0 meters

Spiral Correction : N/A
Movement Depth : 3.0 - 23.5 meters
Borehole Total Depth : 23.5 meters
A+ Groove Azimuth : 20
Latest Reading : 2016 Feb 25 14:31
Initial Reading : 2012 Mar 27 15:51
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Time Plot : 3.0 - 23.5 meters





Państwowy Instytut Geologiczny Państwowy Instytut Badawczy

ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa, tel. 22 45 92 000, fax 22 45 92 001, biuro@pgi.gov.pl
Sąd Rejonowy dla m. st. Warszawy w Warszawie, XIII Wydział Gospodarczy KRS, Nr 0000122099; NIP 525-000-80-40

www.pgi.gov.pl

państwowa służba
geologiczna

państwowa służba
hydrogeologiczna

Raport z monitoringu hydrogeologicznego i opadowego na osuwisku w Zręczycach

dla tematu:

*„Monitoring zagrożeń powierzchniowymi ruchami masowymi
wraz z utrzymaniem istniejącej sieci obserwacyjnej„*



MINISTERSTWO
ŚRODOWISKA

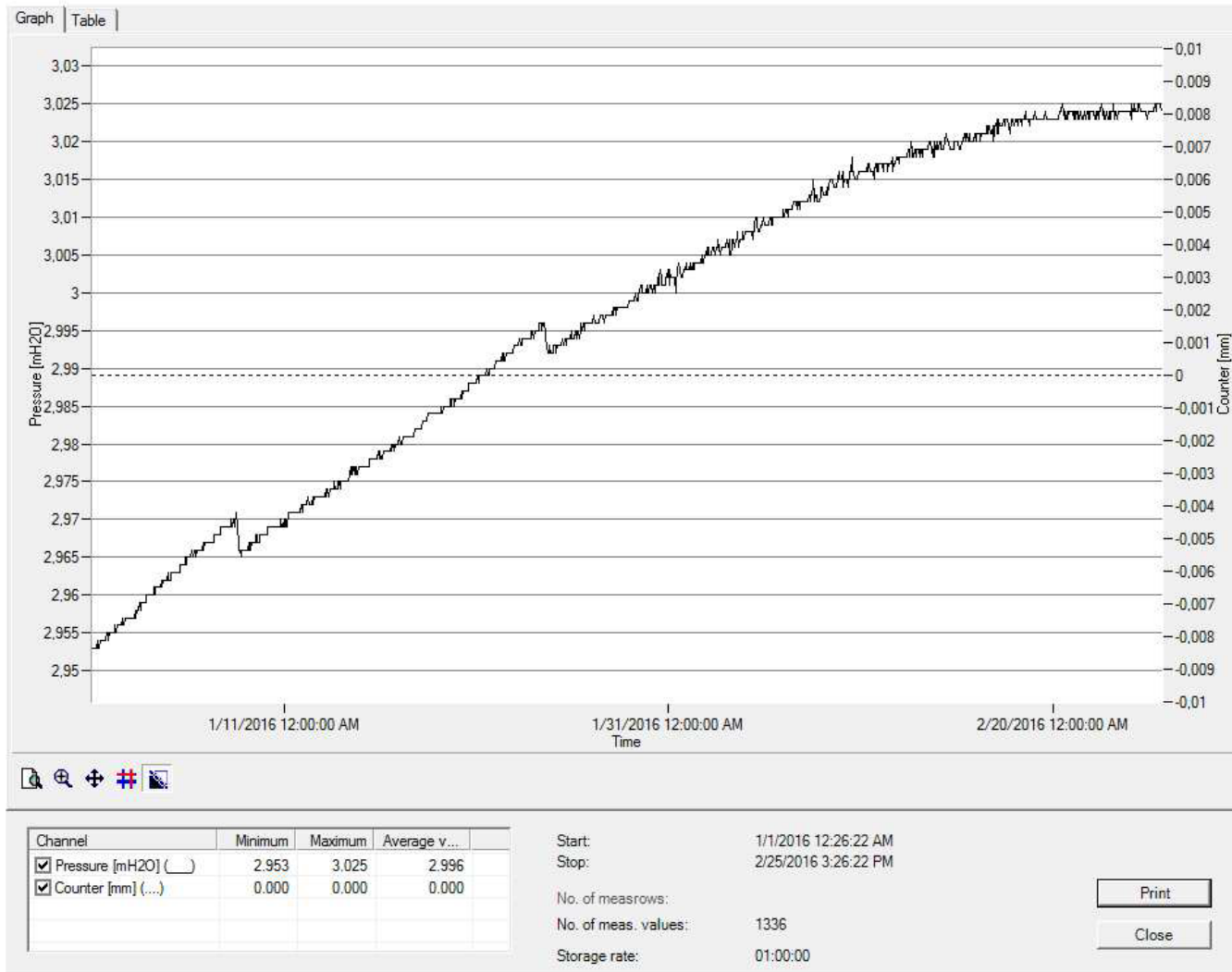


Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu Ochrony
Środowiska i Gospodarki Wodnej

Kraków, 2016 r.

System obserwacji hydrogeologicznej badanego obiektu prowadzony jest w oparciu o pomiary zwierciadła wody w otworach piezometrycznych, wykonanych w bezpośrednim sąsiedztwie inklinometrów. W otworach piezometrycznych na osuwisku zainstalowano urządzenia rejestrujące (limnimetr firmy Keller -DCX-22AA lub STS DLN70), zsynchronizowane w zapisie godzinowym z deszczomierzem typu A-ster TPG-036-NH. Urządzenia zamontowano po ustabilizowaniu się poziomu wody w otworach. Uzyskane dane przedstawiono na wykresach w części wyniki pomiarowe (osobno dla piezometrów i deszczomierzy).

PIEZOMETR P1

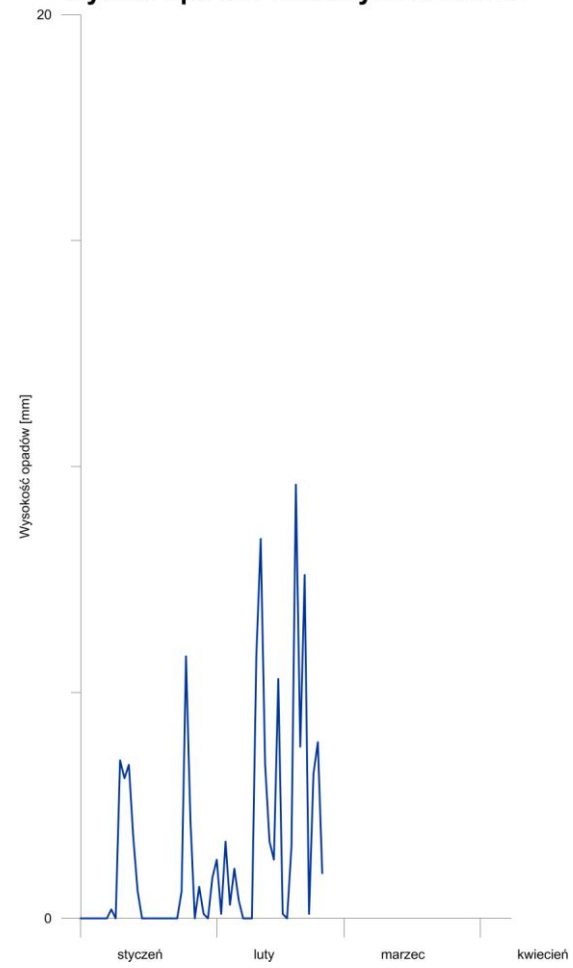


PIEZOMETR P2



DESZCZOMIERZ

Wykres opadów dobowych w 2016 r.





państwowa służba
geologiczna

państwowa służba
hydrogeologiczna

Państwowy Instytut Geologiczny Państwowy Instytut Badawczy

ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa, tel. 22 45 92 000, fax 22 45 92 001, biuro@pgi.gov.pl
Sąd Rejonowy dla m. st. Warszawy w Warszawie, XIII Wydział Gospodarczy KRS, Nr 0000122099; NIP 525-000-80-40

www.pgi.gov.pl

Raport z monitoringu powierzchniowego pomiaru GNSS punktów kontrolnych zainstalowanych na osuwisku w Zręczycach

dla tematu:

*„Monitoring zagrożeń powierzchniowymi ruchami masowymi
wraz z utrzymaniem istniejącej sieci obserwacyjnej,”*



MINISTERSTWO
ŚRODOWISKA



Kraków, 2016 r.

Metodyka wykonanych pomiarów

Do pomiarów geodezyjnych wykonywanych przez Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB) wykorzystuje się system ASG-EUPOS zarządzany przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii (GUGiK). System zbiera dane obserwacyjne i przekazuje je w czasie rzeczywistym do Centrum Obliczeniowego. Sieć stacji referencyjnych GNSS jest równomiernie rozłożona na terenie Polski i państw ościennych (GUGiK, 2014).

W systemie ASG-EUPOS udostępnione są następujące serwisy (GUGiK, 2014)

Rodzaj	Nazwa	Metoda pomia- ru	Transmisja danych	Zakładana dokładność	Minimalne wymagania sprzętowe
Serwisy czasu rzeczywistego	NAWGEO	kinematyczna (RTK/RTN)	Internet, GSM (GPRS)	do 0,03 m (poz.) do 0,05 m (pion.)	Odbiornik L1/L2 RTK, moduł komu- nikacyjny
	KODGIS	kinematyczna (DGPS)		do 0,25 m do 3 m	Odbiornik L1 DGPS, moduł komu- nikacyjny
	NAWGIS				
Serwisy post- processingu	POZGEO	Statyczna	Internet	Zależna od warunków pomiarowych (0,01 - 0,10 m)	Odbiornik L1
	POZGEO D	statyczna, kinematyczna			

Pomiary wykonywane w czasie rzeczywistym dzielimy na pomiary RTK/RTN (ang. Real-Time Kinematic, Real-Time Network) wykonywane w oparciu o stacje referencyjne oraz pomiary DGNSS (ang. Differential GNSS).

Do pomiarów wykonywanych przez Państwową Służbę Geologiczną wykorzystuje się obecnie rozwiązania sieciowe RTN. Ich przewaga na metodami RTK, opartymi o pojedynczą stację referencyjną, polega na możliwościach lepszego modelowania błędów systematycznych. W związku z tym możliwe jest uzyskanie lepszej powtarzalności pomiarów niezależnie od odległości od stacji referencyjnej. Obecnie ze względu na dokładność zaleca się stosowanie metody pomiarów z wykorzystaniem strumieni sieciowych wszędzie tam gdzie tylko jest to możliwe (GUGiK, 2014).

System ASG-EUPOS udostępnia trzy rodzaje rozwiązań sieciowych (GUGiK, 2014):

- VRS (ang. Virtual Reference Station)

- MAC (ang. Master and Auxiliary Concept)
- FKP (niem. Flächenkorrekturparameter)

Z uwagi na to że informacje w nich zawarte są generowane przez to samo oprogramowanie i dają zbliżone rezultaty dla użytkownika nie jest istotne z którego rozwiązania korzysta. Wykonawca systemu zapewnia że w optymalnych warunkach dane korekcyjne pozwalają osiągnąć powtarzalność wyznaczeń współrzędnych w granicach $\pm 0,03$ m w poziomie i $\pm 0,05$ m w pionie (GUGiK, 2014).

Aby wygenerować strumień obserwacji w oparciu o system ASG-EUPOS najpierw konieczne jest przesłanie przybliżonej pozycji użytkownika depezą NMEA GGA, w odpowiedzi moduł obliczeniowy generuje dane korekcyjne, które są przesłane protokołem NTRIP w formacie RTCM lub CMR (GUGiK, 2014).

W monitoringu powierzchniowym osuwisk karpackich wykorzystuje się serwis NAWGEO pozwalający na uzyskanie dokładności poziomej ± 3 cm oraz dokładności pionowej ± 5 cm. Takie wartości przyjęto również przy obliczeniach deformacji jako granice błędu pomiarowego. W celu zwiększenia precyzji pomiarów RTN stabilizację punktów monitoringu powierzchniowego wykonywano w terenie odkrytym, w miarę możliwości pozbawionym przeszkód terenowych. Do wszystkich pomiarów zastosowano tylko jeden zestaw pomiarowy. Uniknięto w ten sposób błędów spowodowanych różnym położeniem centrów fazowych i geometrycznych anten (GUGiK, 2014).

Pomiary zastabilizowanych punktów wykonywano przy pomocy precyzyjnego odbiornika geodezyjnego firmy Trimble R8 GNSS z anteną wewnętrzną SPS88x Internal. Odbiornik GPS umieszczono na tyczce o długości 2 metrów. Czas pomiaru wynosił 65 sekund.

Bibliografia

GUGiK, 2014 – Strona Interenetowa systemu ASG-EUPOS. Dostępne w Internecie: <http://www.asgeupos.pl/> (Stan na dzień 12.12.2014).

WYNIKI POMIAROWE

Tabela pomiarów wykonanych na poszczególnych punktach w sesjach pomiarowych

Numer	02.11.2015	07.04.2016
zreczyce_01	X	X
zreczyce_02	X	X
zreczyce_03	X	X

zreczyce_04	X	X
zreczyce_05	X	X
zreczyce_06	X	X
zreczyce_07	X	X
zreczyce_08	X	X
zreczyce_09	X	X
zreczyce_10	X	X
zreczyce_11	X	X
zreczyce_12	X	X
zreczyce_01inc	X	X
zreczyce_02inc	X	X

Pomiar 1

Data pomiaru: 02.11.2015

Wykaz współrzędnych w układzie PUWG 2000/21

Numer	X [m]	Y [m]	H [m]	Uwagi
zreczyce_01	5529062,338	7443884,851	235,102	
zreczyce_02	5529101,868	7443948,546	232,955	
zreczyce_03	5529078,252	7444071,976	231,629	
zreczyce_04	5529009,403	7443963,869	241,606	
zreczyce_05	5528909,700	7443916,528	254,529	
zreczyce_06	5528847,091	7443892,642	266,292	
zreczyce_07	5528804,832	7443921,798	271,023	
zreczyce_08	5528991,796	7444182,138	251,165	
zreczyce_09	5528947,355	7444288,821	249,503	
zreczyce_10	5529126,945	7444365,091	223,161	
zreczyce_11	5529102,512	7444339,262	226,875	
zreczyce_12	5529144,088	7444206,939	224,332	
zreczyce_01inc	5528831,625	7443950,516	265,922	
zreczyce_02inc	5529011,747	7444251,173	244,277	

Pomiar 2

Data pomiaru: 07.04.2016

Wykaz współrzędnych w układzie PUWG 2000/21

Numer	X [m]	Y [m]	H [m]	Uwagi
zreczyce_01	5529062,353	7443884,850	235,123	
zreczyce_02	5529101,882	7443948,552	232,957	
zreczyce_03	5529078,256	7444071,957	231,733	
zreczyce_04	5529009,408	7443963,870	241,610	
zreczyce_05	5528909,696	7443916,520	254,569	
zreczyce_06	5528847,085	7443892,627	266,288	

zreczyce_07	5528804,818	7443921,803	271,117	
zreczyce_08	5528991,796	7444182,130	251,176	
zreczyce_09	5528947,356	7444288,815	249,516	
zreczyce_10	5529126,953	7444365,106	223,192	
zreczyce_11	5529102,476	7444339,255	226,906	
zreczyce_12	5529144,118	7444206,915	224,335	
zreczyce_01inc	5528831,691	7443950,488	266,042	
zreczyce_02inc	5529011,748	7444251,167	244,323	

PRZEMIESZCZENIA

Przemieszczenia poziome (ΔD) i pionowe (ΔH) w metrach pomiędzy początkowymi i końcowymi pomiarami punktów (wg tabeli pomiarów).

PRZEMIESZCZENIA

Przemieszczenia poziome (ΔD) i pionowe (ΔH) w metrach pomiędzy początkowymi i końcowymi pomiarami punktów (wg tabeli pomiarów).

Numer	ΔD [m]	ΔH [m]	Azymut	Uwagi
zreczyce_01	< 0,03	< 0,05	-	
zreczyce_02	< 0,03	< 0,05	-	
zreczyce_03	< 0,03	0,104	-	
zreczyce_04	< 0,03	< 0,05	-	
zreczyce_05	< 0,03	< 0,05	-	
zreczyce_06	< 0,03	< 0,05	-	
zreczyce_07	< 0,03	0,094	-	
zreczyce_08	< 0,03	< 0,05	-	
zreczyce_09	< 0,03	< 0,05	-	
zreczyce_10	< 0,03	< 0,05	-	
zreczyce_11	0,037	< 0,05	191	
zreczyce_12	0,038	< 0,05	321	
zreczyce_01inc	0,072	0,120	337	
zreczyce_02inc	< 0,03	< 0,05	-	

KOMENTARZ DO WYKONANYCH POMIARÓW

Na podstawie wykonanych pomiarów stwierdzono przemieszczenia poziome lub pionowe w 3 punktach. Maksymalna deformacja pozioma wynosi 7,2 cm, a pionowa 12,0 cm.